



Artigos de Revisão





Análise da produção científica brasileira acerca de pontes de concreto, madeira e metálica

Jessé Valente de Liz*; Breno Salgado Barra**; Alexandre Mikowski**

*Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville (CTJ), Joinville, Brasil.

**Departamento de Engenharias da Mobilidade, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville (CTJ), Joinville, Brasil.

*Autor para correspondência e-mail: jesse.v@posgrad.ufsc.br

Palavras-chave

Análise bibliométrica
Pontes de concreto
Pontes de madeira
Pontes metálicas

Keywords

Bibliometric analysis
Concrete bridges
Wooden bridges
Metallic bridges

Resumo: Pontes são estruturas destinadas a vencer obstáculos com o intuito de permitir a continuação de uma via. Essas, possuem certos requisitos, tais como: funcionalidade, segurança, estética, economia e durabilidade. No Brasil, em rodovias federais, existem mais de 4.700 pontes, podendo ser metálicas, de concreto ou de madeira. Ademais, o estudo da inspeção e recuperação de pontes, além da pesquisa de novos materiais, técnicas construtivas, dimensionamentos de estruturas ou desenvolvimento de novas metodologias são de extrema importância. Nesse contexto, o escopo deste trabalho é a realização de uma análise bibliométrica, para a verificação do cenário científico e tecnológico dessa temática para a sociedade brasileira, visando além da questão de pontes de modo global, a análise individual de cada material constitutivo, possibilitando a identificação de nichos de estudo, lacunas científicas e tendências. A biblioteca científica online SciELO foi selecionada para a realização dessa pesquisa, delimitando-a com dois filtros: "coleção Brasil" e "artigos". As palavras-chave empregadas na busca foram: concreto, madeira e metálica. Por fim, identificou-se uma tendência crescente quanto ao número de publicações e que o material mais empregado na construção de pontes é o concreto; enquanto as pesquisas relacionadas a pontes metálicas são tímidas. Além disso, verificou-se que o periódico mais atuante nesse cenário é uma revista especializada na área do concreto. Com relação aos modais de transporte, o rodoviário é o mais explorado. Ainda, foram realizadas uma série de investigações acerca das palavras-chave e classificações quanto ao conteúdo, a fim de identificar possíveis tendências nos estudos selecionados.

Analysis of brazilian scientific production regarding concrete, wooden and metallic bridges

Abstract: Bridges are structures designed to overcome obstacles, in order to allow a road path to go through, respecting some requirements, such as: functionality, safety, aesthetics, economy, and durability. In Brazil, on federal highways, there are more than 4.700 bridges, which can be metallic, concrete or wooden made. Moreover, inspection and restoration analyses, coupled to research of new materials, construction techniques, structural design and even the development of new methodologies, have crucial importance. In this context, the scope of this work is to carry out a bibliometric analysis, mainly focused on the scientific and technological scenarios of this theme for Brazilian society, aiming beyond the issue of bridges in a global overview, the individual understanding on each constituent material, enabling the identification of study niches, scientific gaps and trends. The SciELO online scientific library was selected to carry out this research, bounding the search from two filters: "Brazil collection" and "articles", while the keywords used were concrete, wood and metal. After examining a large number of publications, concrete was identified in a growing trend of scientific paper production, as the material most used in bridge construction. On the other hand, research related to metallic bridges was found in small profusion. So, it was also verified that the most producing journal on the scope approached above is related to concrete field, as well as the road transport is the most explored mode. Furthermore, a series of investigations were carried out based on keywords and ratings regarding content, in order to identify possible trends in selected researches.

Recebido em: 10/04/2023

Aprovação final em: 18/07/2023



Introdução

Uma ponte é uma construção projetada para permitir a passagem sobre obstáculos que interrompem a continuidade de uma via. Tais obstáculos podem incluir rios, braços de mar, vales profundos, outras vias, entre outros (MARCHETTI, 2008). Ao longo da história, as pontes têm sido um símbolo da habilidade e criatividade da engenharia, desde a época em que os homens utilizavam troncos de árvores para superar obstáculos naturais até as estruturas modernas com vãos desafiadores. Elas são consideradas como uma das mais fascinantes formas de expressão da capacidade humana de criar e resolver problemas (VITÓRIO, 2002).

A construção de pontes envolve uma série de fatores que devem ser considerados, incluindo a funcionalidade, segurança, estética, economia e durabilidade. A funcionalidade se refere à capacidade da ponte em atender às necessidades de tráfego e vazão de água, por exemplo. A segurança é um aspecto crucial, e a ponte deve ser construída com materiais que suportem as tensões e cargas aplicadas sem risco de ruptura. A estética é importante para garantir que a ponte se harmonize com o ambiente circundante. A economia também é fundamental, e deve-se buscar soluções mais econômicas que atendam aos requisitos anteriores. Por fim, a durabilidade é essencial para garantir que a ponte permaneça em uso por um período previsto de tempo. Todos esses aspectos devem ser considerados e integrados ao projeto de uma ponte para garantir sua eficiência e segurança (MARCHETTI, 2008).

No que diz respeito aos materiais usados predominantemente em sua construção, as pontes podem ser feitas de madeira, pedra, concreto (armado ou protendido) ou metálicas (geralmente de aço, com raras exceções de ligas de alumínio) (PFELL, 1979). No Brasil, há mais de 4.700 pontes em rodovias federais, sendo que mais de 99% é constituída de concreto armado, sendo que o sistema mais utilizado é o de viga de concreto armado, seguido de laje de concreto armado e protensão (OLIVEIRA; GRECO; BITTENCOURT, 2019).

Assim sendo, tendo em vista a degradação de estruturas de concreto com o tempo, o estudo e análise de inspeção de estruturas já existentes é relevante, uma vez que grande parte da malha viária brasileira é antiga, com pontes em rodovias federais construídas a partir da década de 1940 e com a maior parte construída entre os anos de 1960 a 1975; tais pontes apresentam condições precárias (VITÓRIO; BARROS, 2013). Ainda, de um total de 100 pontes avaliadas por Vitório e Barros (2013), nenhuma possuía classificação de avaliação do tipo “boa”, isto é, uma obra sem nenhum tipo de problema. Por isso, é importante destacar que aliada à inspeção, a recuperação de estruturas também é de grande importância (BRISEGHELLA *et al.*, 2022).

Ademais, tão importante quanto o estudo referente à inspeção e recuperação, é a pesquisa de novos materiais, técnicas construtivas, dimensionamentos de estruturas ou desenvolvimento de novas metodologias (CHEUNG *et al.*, 2017; NZAMBI *et al.*, 2022; TRENTINI; PARSEKIAN; BITTENCOURT, 2022). De tal modo que esse tipo de pesquisa permite melhorias de eficiência e qualidade na indústria da construção civil, além de proporcionar aumento de segurança e redução de impacto ambiental, por exemplo.

A bibliometria é uma técnica empregada para examinar a situação científica de um tema específico de interesse; ela envolve a análise e o estudo estatístico do uso e criação de documentos, bem como a análise quantitativa desses dados coletados. Por meio dela, é possível detectar padrões e avanços do conhecimento em uma determinada área, detectar falhas e avaliar a produtividade, podendo ser utilizada para prever tendências na ciência e tecnologia, visando a produção científica (SPINAK, 1998). Dessa forma, diversas são as aplicações da análise bibliométrica; exemplos disso são as pesquisas de caráter multidisciplinar realizadas por Carvalho *et al.* (2018), Akim *et al.* (2020) e Freire, Heimann e Cunha (2021). Para tanto, o presente artigo se propõe a realizar uma análise bibliométrica acerca de pontes com o intuito de verificar o cenário da pesquisa científica no Brasil para as pontes metálicas, de concreto e madeira.

Metodologia

Algumas etapas devem ser respeitadas para que uma análise bibliométrica possa ser realizada



de maneira eficaz e que proporcione resultados sem a indução de tendências. Segundo Medeiros *et al.* (2015), tal bibliometria a ser realizada parte da definição de objetivos e palavras-chave em determinada base de dados. Após, é possível filtrar por critérios pré-selecionados e a partir desses critérios realizar a sistematização dos artigos que restaram após os filtros. Subsequentemente, uma análise bibliométrica pode ser realizada, a partir da exposição dos indicadores bibliométricos, bem como exposição por meio de gráficos e tabelas, intercalando com análises e interpretações (MEDEIROS *et al.*, 2015).

Com o objetivo de verificar o cenário científico acerca das pontes e dos principais materiais constituintes, foi realizada uma busca com os termos relacionados a pontes de concreto, madeira e metálica, conforme elencado por Pfeil (1979) como sendo os materiais usados predominantemente; o autor ainda cita pontes feitas de pedra, no entanto, tal aplicação não é usual nos tempos atuais.

Assim sendo, aos 08 dias do mês de março de 2023 foi realizada uma busca na plataforma SciELO (2023), com as palavras-chave da Tabela 1, buscando-as em todos os índices, restringido a presente análise bibliométrica para dois filtros, sendo artigos e coleção brasileira. Tal pesquisa retornou um total de 36 artigos para aqueles artigos que possuíam alguma relação com concreto, 20 para madeira e apenas 1 para metálica. Após, foram realizados os downloads dos 53 artigos disponibilizados pela plataforma.

Tabela 1 – Resultados da string de busca antes da leitura e seleção (dados brutos).

Palavras-chave	Resultado
((pontes OR ponte) AND (concreto))	36
((pontes OR ponte) AND (madeira))	20
((pontes OR ponte) AND (metálica))	01
((pontes OR ponte) AND (concreto)) OR ((pontes OR ponte) AND (madeira)) OR ((pontes OR ponte) AND (metálica))	53

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de SciELO (2023).

Por conseguinte, realizou-se a leitura de todos os resumos dos artigos disponíveis, sendo que 16 artigos (3 relacionados ao concreto e 13 à madeira) foram desclassificados por fuga do tema/escopo, ou seja, não estavam relacionados a pontes. Ainda, é importante destacar que três artigos estão presentes nos resultados individuais de concreto e madeira simultaneamente, por terem sido construídos com os dois materiais, ou seja, caracterizando-se como estruturas mistas.

Assim sendo, os resultados que serão discutidos na Seção 3, possuem duas classificações: (i) individuais (Figuras 1 e 3): concreto – 33 artigos, madeira – 7 artigos, metálica – 1 artigo; e (ii) coletivos (Figuras 2, 4, 5, 6, 7 e 8): 38 artigos.

Resultados E Discussões

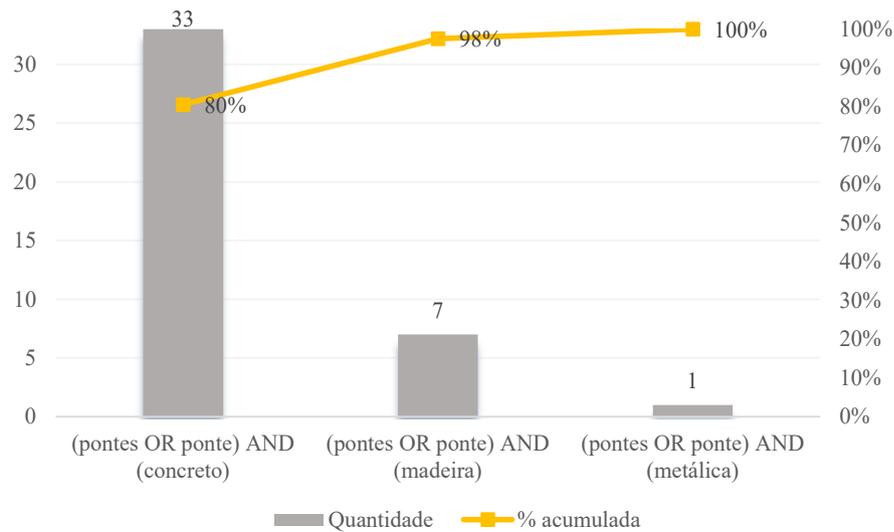
Com base no banco de dados coletado a partir do SciELO (2023), em que a metodologia empregada foi apresentada na seção anterior, é viável conduzir diversas análises científicas, no escopo de uma análise bibliométrica.

A Figura 1 apresenta o número de artigos encontrados após a aplicação de cada *string*, conforme exposto na Tabela 1. É possível observar que as pesquisas relacionadas a pontes apresentaram uma concentração significativa no material de concreto, correspondendo a cerca de 80% do total de artigos encontrados. Esses resultados indicam que o concreto tem sido um material de destaque na



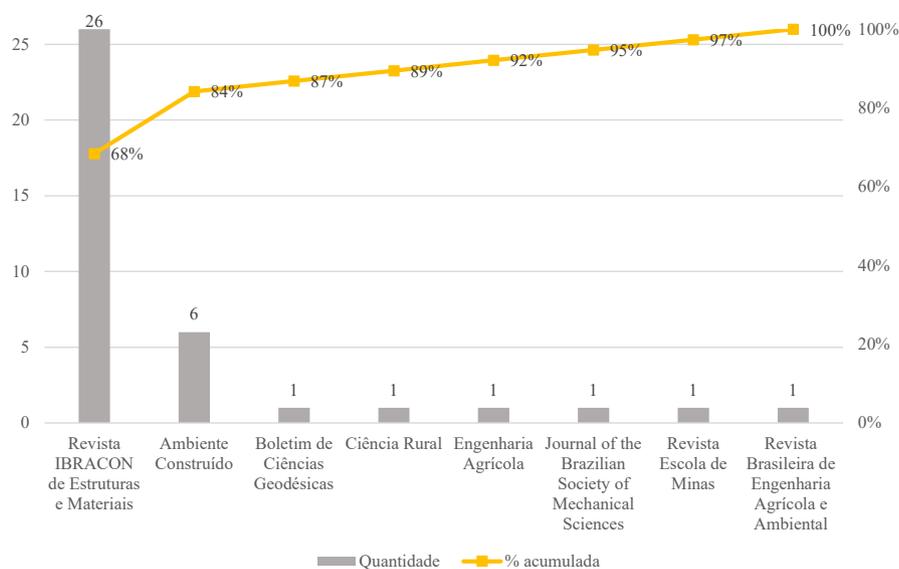
pesquisa em pontes, possivelmente por apresentar características como alta resistência mecânica, durabilidade, facilidade de moldagem, maior resistência ao fogo que o aço e a madeira, possibilita a pré-moldagem, além de reproduzir técnicas de execução conhecidas no país todo (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2020).

Figura 1 – Diagrama de Pareto para as strings individuais.



A Figura 2 apresenta a distribuição dos periódicos que publicaram as pesquisas analisadas. Observa-se que a Revista IBRACON de Estruturas e Materiais é responsável por mais da metade dos estudos, representando 68% do total. Essa alta proporção sugere que a revista exerce um papel fundamental na divulgação de pesquisas relacionadas a essa temática no cenário científico brasileiro.

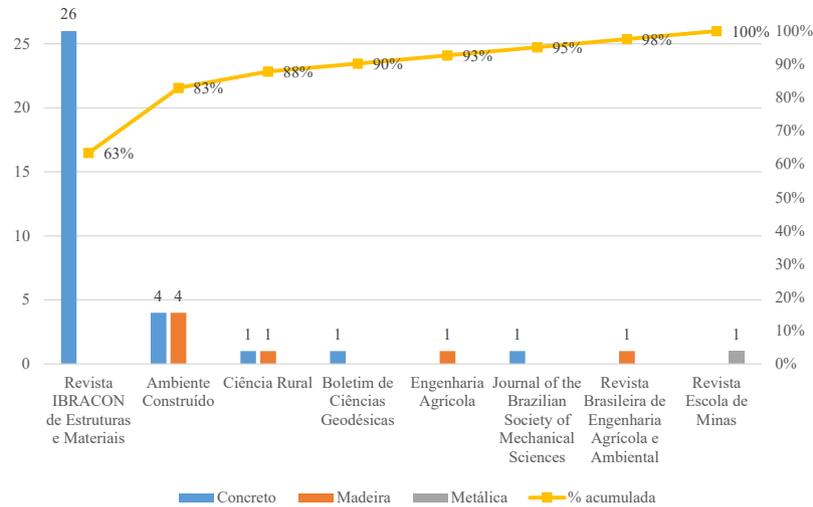
Figura 2 – Diagrama de Pareto para os periódicos em que os artigos foram publicados.





Ademais, a partir da Figura 3, a qual apresenta um diagrama de Pareto a respeito do número de publicações por periódico levando em conta o material constituinte. Destaca-se que todas as publicações da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais são relacionadas ao concreto e essas representam quase 80% das publicações dentro do segmento do concreto. Ainda, é possível verificar que a Ambiente Construído possui importância semelhante para aquelas construídas pelo método construtivo da madeira, uma vez que aproximadamente 60% dessas publicações se deram no periódico.

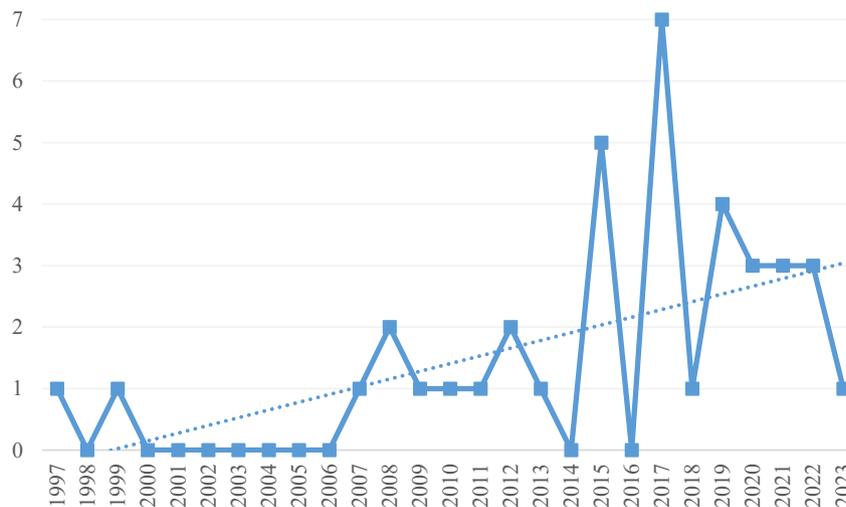
Figura 3 – Diagrama de Pareto para os periódicos em que os artigos foram publicados, considerando os materiais constituintes.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Figura 4 apresenta a quantidade de artigos publicados por ano, permitindo identificar uma tendência ascendente em estudos relacionados a pontes, com maior concentração de publicações a partir de 2015. O aumento do número de publicações também pode sinalizar um crescente interesse por essa temática.

Figura 4 – Publicações por ano.

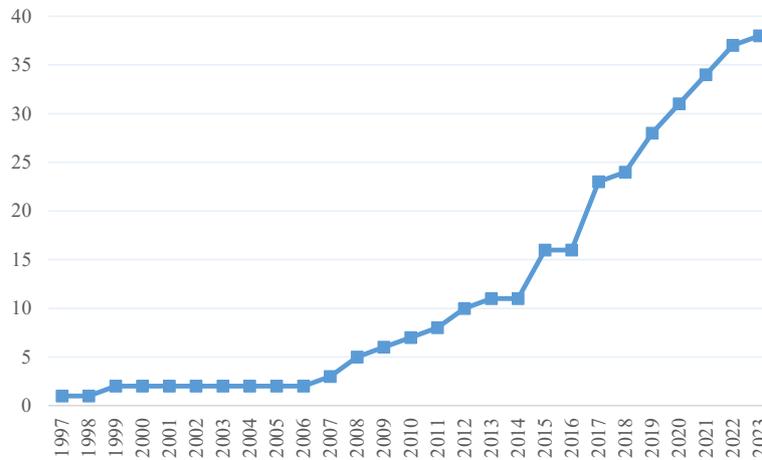


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).



A Figura 5 apresenta a distribuição acumulada da quantidade de artigos publicados por ano, permitindo identificar períodos em que o número de publicações manteve-se constante e períodos de uma tendência ascendente, ou seja, acréscimo relacionado com a publicação de trabalhos. Os períodos em que as publicações mantiveram um comportamento constante foram: (i) 1997-1998; (ii) 1999-2006; (iii) 2013-2014; e (iv) 2015-2016. A interpretação para este comportamento está relacionada com os anos em que não foram publicados estudos relacionados às pontes, conforme demonstrado graficamente na Figura 4.

Figura 5 – Acumulado de publicações por ano.

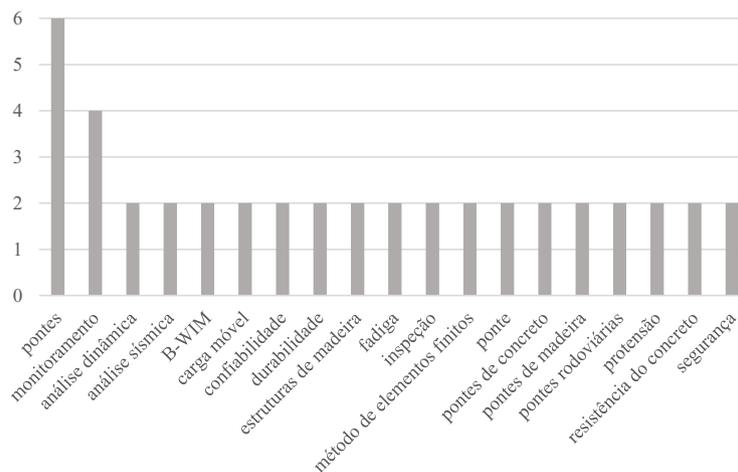


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

De uma forma geral, os gráficos apresentados nas Figuras 4 e 5 demonstram comportamentos crescentes, com um máximo de 38 publicações para a distribuição acumulada, até o período de coleta de dados dessa análise bibliométrica, para a classificação coletivos.

Quanto às palavras-chave, aquelas com duas ou mais repetições, são demonstradas na Figura 6. As palavras-chave encontradas são de áreas diversas, mas muitas delas estão ligadas à engenharia civil e análise estrutural. As palavras-chave com maior frequência foram “pontes” e “monitoramento”, com seis e quatro repetições, respectivamente. As demais palavras-chave apresentadas no gráfico de barras (Figura 6), apresentaram duas repetições.

Figura 6 – Quantitativo das palavras-chave.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).



métodos de análise – 4 artigos; (v) inspeção – 3 artigos; (vi) recuperação de estruturas existentes – 2 artigos; e (vii) revisão bibliográfica – 2 artigos.

Quadro 1 – Classificação dos estudos relacionados ao concreto.

Classificação	Estudos
Simulação ou método numérico	Nascimento <i>et al.</i> (2023), Briseghella <i>et al.</i> (2022), Mastela <i>et al.</i> (2021), Nicoletti e Souza (2021), Chung e Stucchi (2018), Soares, Lima e Santos (2017), Amaral e Mazzilli (2017), Rocha e Schulz (2017), Pravia e Braido (2015), Carvalho Neto e Veloso (2015), Larocca <i>et al.</i> (2015), Matos <i>et al.</i> (2015), Mendes, Moreira e Pimenta (2012), Teixeira, Amador e Oliveira (2010) e Silva e Roehl (1999).
Experimental	Nzambi <i>et al.</i> (2022), Mastela <i>et al.</i> (2021), Interlandi <i>et al.</i> (2020), Stein e Graeff (2019), Junges, Pinto e Miguel (2017), Portela <i>et al.</i> (2017), Pravia e Braido (2015), Carvalho Neto e Veloso (2015), Larocca <i>et al.</i> (2015), Matos <i>et al.</i> (2015), Molina, Silva e Vasconcelos (2015), Andrade, Trautwein e Bittencourt (2013), Fernandes, Bittencourt e Helene (2011) e Teixeira, Amador e Oliveira (2010).
Método analítico	Nascimento <i>et al.</i> (2023), Carneiro <i>et al.</i> (2021), Lyra, Beck e Stucchi (2020), Trentini e Martins (2019), Molina, Silva e Vasconcelos (2015) e Ferreira, Nowak e El Debs (2008).
Novas metodologias ou métodos de análise	Briseghella <i>et al.</i> (2022), Trentini, Parsekian e Bittencourt (2022), Amaral e Mazzilli (2017) e Silva e Roehl (1999).
Inspeção	Medeiros <i>et al.</i> (2020), Interlandi <i>et al.</i> (2020) e Santos e Oliveira (2012).
Recuperação de estruturas existentes	Briseghella <i>et al.</i> (2022) e Carvalho e Calixto (2019).
Revisão bibliográfica	Oliveira, Greco e Bittencourt (2019) e Soriano e Mascia (2009).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os resultados podem indicar que o uso de técnicas computacionais e experimentais é predominante nos estudos no âmbito das estruturas de concreto. Já o desenvolvimento de novas metodologias ou novos métodos de análise pode sugerir uma busca por alternativas mais eficientes para o projeto e análise de estruturas em concreto. O estudo de inspeção e recuperação de estruturas parece possuir uma menor presença na literatura científica, apesar de ser de suma importância tendo em vista a longínqua infraestrutura da malha viária brasileira (MEDEIROS *et al.*, 2020).

Ademais, ainda sobre o concreto, visando o melhor desempenho houve estudos relacionados à adição de fibras de aço, citação ao concreto de alta resistência, ao concreto armado e protendido, bem como da aplicação de compósitos na recuperação de estruturas. O concreto de alta resistência, por sua vez, é aquele que supera os 50 MPa, sendo de grande valia para elementos estruturais submetidos a grandes esforços de compressão. Além disso, o concreto armado, é um compósito de concreto simples (argamassa e agregado graúdo) e aço, este chamado de armadura passiva, de tal modo que resistem solidariamente aos esforços solicitantes (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2020).

Também citado no banco de dados levantado, o concreto protendido se dá a partir do concreto simples e do aço, no entanto, a armadura é ativa, isto é, aplica-se uma força na armadura antes da atuação da solicitação na estrutura (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2020). Carvalho (2012) afirma



que uma das maiores aplicações do concreto protendido atualmente é justamente a aplicação em pontes rodoviárias e ferroviárias, uma vez que conduz a soluções mais baratas e pequeno custo de conservação.

Já a aplicação de compósitos como a fibra de carbono, podem ser utilizados como reforço nas estruturas, uma vez que apresentam alta resistência mecânica e pouca densidade, conforme apresentado no estudo de Briseghella *et al.* (2022). Ainda, houve uma pesquisa que estudou acerca das lajes em estruturas mistas de aço-concreto (NICOLETTI; SOUZA, 2021), ou seja, aquelas em que são compostas por componentes de aço e concreto (armado ou não), ligados por conectores mecânicos (ABNT, 2008 PFEIL; PFEIL, 2011).

Com relação às pesquisas da madeira, observa-se que houve um predomínio da aplicação nos estudos do método construtivo da protensão, uma vez que 5 desses trabalhos foi observado a citação ou aplicação desse tipo de método. Fonte e Calil Jr. (2007) citam que quando usada racionalmente, a madeira laminada pode ser de grande valia para rodovias rurais ou secundárias. Ainda, é importante ressaltar que o pesquisador Carlito Calil Júnior aparenta ser um pesquisador relevante nessa temática, tendo em vista a sua participação em quatro dos cinco artigos.

A técnica de protensão transversal consiste na utilização de tabuleiros laminados de madeira, sendo possível reforçar a estrutura por meio da inserção de barras de aço de alta resistência perpendicularmente às fibras da madeira. Esse processo comprime as lâminas, permitindo que o tabuleiro funcione como uma placa e distribua uniformemente a carga dos veículos, ao invés de concentrá-la em uma área específica. O consumo de madeira para esse tipo de técnica é reduzido (0,30 m³ por m² de ponte), o que reduz os custos da superestrutura e infraestrutura (FONTE, 2004).

Outrossim, um destaque que pode ser feito quanto às pesquisas da madeira é que 3 delas eram pesquisas puramente de revisão (SORIANO; MASCIA, 2009; FONTE; CALIL JR., 2007; CALIL JR.; DIAS, 1997). Além disso, 3 aplicaram pesquisa experimental (MASTELA *et al.*, 2021; CHEUNG; CHRISTOFORO; CALIL JR., 2017; MOLINA; SILVA; VASCONCELOS, 2015), 1 delas aplicou o método numérico (MASTELA *et al.*, 2021) e 2 delas o método analítico (CHEUNG *et al.*, 2017; MOLINA; SILVA; VASCONCELOS, 2015).

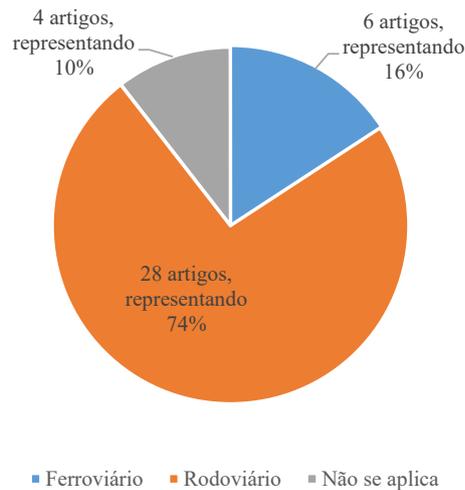
Outro fato interessante sobre as pesquisas de madeira é que em três oportunidades houve a aplicação de dois materiais principais na solução construtiva, se caracterizando como uma estrutura mista; para os casos levantados foi utilizado madeira e concreto. Estas estruturas, apresentam vantagens como melhoria da resistência mecânica e durabilidade, quando comparadas a solução só de madeira (GELFI *et al.*, 2002).

Estruturas de madeira estão sujeitas a diversas manifestações patológicas, originadas pela umidade e pelas variações dimensionais, bem como ataques biológicos, ou ainda por agentes atmosféricos ou químicos (BERTOLINI, 2010). Apesar disso, nem um dos trabalhos selecionados possuía caráter de inspeção das estruturas ou recuperação de uma ponte.

A publicação relacionada material metálico se tratava de inspeção de ponte ferroviária na Ferrovia Turística Cultural entre Ouro Preto e Mariana/MG, com verificação de capacidade de carga e modelagem numérica. Ainda, estudos laboratoriais, como caracterização química, ensaio mecânico de tração, análise metalográfica e dos produtos de corrosão, foram realizados. Os autores do trabalho ainda citam que no Brasil, esse tipo de estudo é pouco realizado, sendo uma grande contribuição para a ciência brasileira (CARDOSO; ARAÚJO; CÂNDIDO, 2008).

As pontes possuem funções viárias, que em síntese visam dar continuidade a transposição de um obstáculo (PFEIL, 1979). Assim, em relação aos modais de transporte, foram identificados dois tipos: ferroviário e rodoviário, conforme demonstrado na Figura 8. Ainda, haviam 4 artigos que não se referiam claramente a um modal.

É importante ressaltar que no contexto ferroviário, o método construtivo de madeira não foi abordado nos estudos analisados, sendo o método metálico (1 estudo) e o concreto armado (5 estudos) as alternativas construtivas mais frequentes. Adicionalmente, é válido mencionar que entre esses estudos, três artigos abordaram a Estrada de Ferro de Carajás, possivelmente indicando a relevância dessa infraestrutura para o modal em questão.

**Figura 8 – Modais encontrados com seus respectivos quantitativos.**

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Por fim, é importante ressaltar que o engenheiro civil, devidamente credenciado e habilitado junto ao conselho de classe, deve realizar o dimensionamento, inspeção ou recuperação de pontes, independente do material, baseado nas normas vigentes publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); tal profissional pode ser auxiliado por softwares de elementos finitos ou outras ferramentas necessárias para avaliação dos requisitos normativos. Já quando da pesquisa de novos materiais é de suma importância a avaliação e caracterização química e de propriedades físico-mecânicas, sendo que os ensaios mecânicos possuem grande relevância nesse aspecto.

Considerações Finais

Por meio da presente pesquisa, que tinha o intuito de verificar o cenário científico brasileiro acerca de pontes em uma plataforma de artigos publicados em periódicos, foi possível verificar que o concreto é o material mais estudado em termos de pesquisa científica e tecnológica na temática pontes, na biblioteca científica SciELO para a coleção do Brasil. Tal fato pode estar relacionado à maior utilização dessa técnica, bem como ao bom desempenho mecânico, sendo uma técnica construtiva conhecida em todo o país.

Mediante a análise realizada, também é possível pontuar que a Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), revelou-se extremamente importante para as pesquisas relacionadas ao concreto, uma vez que a maior parte das publicações desse material se deram nessa revista. A Ambiente Construído, por sua vez, se mostrou de grande valia para as pesquisas relacionadas à madeira.

A pesquisa de pontes metálicas – considerando o presente escopo – mostra-se tímida, quando comparada às de concreto ou madeira, uma vez que apenas 1 artigo foi encontrado, enquanto para os outros dois materiais foram selecionados 33 (concreto) e 7 (madeira) artigos.

Quanto aos artigos publicados, estes apresentam uma tendência crescente quanto ao número de publicações e, de uma maneira geral, verifica-se, pelas palavras-chave, que há uma tendência pela investigação de métodos de análise estrutural, materiais de construção, além de segurança, avaliação e monitoramento de estruturas. A partir da análise de dados e classificação dos estudos, nota-se que a maioria deles se deu por meio de simulação/método numérico ou por campanhas experimentais.

Com relação aos modais de transporte identificados, acompanhando aquele que é o mais comum no país, observa-se que há mais registros de estudos de pontes aplicadas às rodovias (28 artigos) que ao estudo de pontes com aplicação ferroviária (6 artigos). Ainda sobre as pontes ferroviárias,



a Estrada de Ferro de Carajás, é possivelmente relevante para o modal em questão, uma vez que é abordada em 3 de 6 estudos ferroviários.

Por fim, é importante destacar que a análise bibliométrica realizada se mostrou satisfatória para o objetivo deste trabalho, no entanto, analisou-se apenas os artigos da biblioteca científica SciELO. Portanto, sugere-se, a trabalhos futuros, a consulta em outras bases de periódicos indexados, tais como o *Google Scholar*, *Web of Science*, *ScienceDirect* e *Scopus*, permitindo a complementação deste estudo e construção de um estado da arte, bem como possibilitando uma análise comparativa entre o contexto da pesquisa científica mundial e o brasileiro.

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

AKIM, E. K. *et al.* Indicadores de sustentabilidade: a evolução do conhecimento na área da administração pública entre 1990 e 2016. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 140-160, 2020. Disponível em: <https://www.revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/727>. Acesso em: 11 mar. 2023. 10.25061/2527-2675/ReBraM/2020.v23i1.727.

AMARAL, P. G. C.; MAZZILLI, C. E. N. Characterization of track geometric imperfections leading to maximal dynamic amplification of internal forces in railway bridges. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 10, n. 4, p. 937-956, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/riem/a/fd89Rx8zVhzDXwtvqbHKS4f/?lang=en>>. Acesso em 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952017000400010>

ANDRADE, R. G. M.; TRAUTWEIN, L. M.; BITTENCOURT, T. N. Comparison and calibration of numerical models from monitoring data of a reinforced concrete highway bridge. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 6, n. 1, p. 121-138; 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/riem/a/8jVT3HPJB334kdwqjX9zqZv/?lang=en>>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952013000100007>

BERTOLINI, L. **Materiais de construção**: patologia, reabilitação, prevenção. Tradução de BECK, L. M. D. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. Título original: Materiali da costruzione.

BRISEGHELLA, B. *et al.* The greenway for bridge column rehabilitation: a comparison between different techniques based on multi-criteria decision analysis. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 15, n. 6, e15601, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/CrDpgh4sdWfpZBkdrGSSpQF/?lang=en>. Acesso em: 13 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952022000600001>

CALIL JR., C.; DIAS, A. A. Utilização da Madeira em Construções Rurais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 71-77; 1997. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/58bg3vn8xXTLhwwgm375XTk/?lang=pt>>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v1n1p71-77>

CARDOSO, M. G.; ARAÚJO, E. C.; CÂNDIDO, L. C. Inspeção de ponte ferroviária metálica: verificação da capacidade de carga da “Ponte da Barra” em Ouro Preto/MG - **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 2, p.



211-218, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/bNSfP7YFXWfVFKYLpD56rHr/?lang=pt>. Acesso em: 13 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672008000200016>

CARNEIRO, A. L. *et al.* Fatigue safety level provided by Brazilian design standards for a prestressed girder highway bridge. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 14, n. 4, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/7ZTsflYsgB7KLVqjnWQkMcc/?lang=en>. Acesso em: 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952021000400015>

CARVALHO NETO, J. A.; VELOSO, L. A. C. M. Weighing in motion and characterization of the railroad traffic with using the B-WIM technique. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 8, n. 4, p. 491-506, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/xmxwRVBYtxhYRgsvmDsMhPh/?lang=en>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952015000400005>

CARVALHO, D. M.; CALIXTO, J. M. F. Analysis of strengthening procedures of reinforced concrete highway bridges: a brazilian case study. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 12, n. 1, p. 199-209, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/JSyYv7f8hTdSRjhZM6rYNXG/?lang=en>. Acesso em: 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952019000100013>

CARVALHO, D. N. *et al.* Revisão estruturada de literatura: Scamper método de geração de ideias. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 6-29, 2018. Disponível em: <https://www.revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/561>. Acesso em: 11 mar. 2023. [10.25061/2527-2675/ReBraM/2018.v21i3.561](https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2018.v21i3.561).

CARVALHO, R. C. **Estruturas em concreto protendido**: cálculo e detalhamento. São Paulo: PINI, 2012.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014**. 4 ed. São Paulo: EdUFSCar, 2020.

CHEUNG, A. B. *et al.* Confiabilidade estrutural de uma ponte protendida de madeira considerando o tráfego real. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 2, p. 221-232, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000200221&lang=pt. Acesso em: 20 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000200154>

CHEUNG, A. B.; CHRISTOFORO, A. L.; CALIL JR., C. Estudo experimental da influência das chapas com dentes estampados na perda de protensão em tabuleiros de madeira protendidos transversalmente. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 3, p. 307-317, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/pXrTTVqJ9BmmnvwGgnkD8C/?lang=pt>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000300178>

CHUNG, G. M.; STUCCHI, F. R. Conception of cable-stayed curved deck: the effects of unilateral suspension. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 11, n. 4, p. 686-695, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/PhcnL3HFZHKrkwQYcnt9rth/?lang=en>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952018000400004>

FERNANDES, J. F.; BITTENCOURT, T. N.; HELENE, P. Concreto submetido a vibrações nas primeiras idades. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 4, n. 4, p. 592-609, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/4txqYLKsmzKPhTqTVNKHWSd/?lang=pt>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952011000400006>

FERREIRA, L. M.; NOWAK, A. S.; EL DEBS, M. K. Desenvolvimento de equações para a limitação do peso de veículos de carga em pontes de concreto através da teoria de confiabilidade. **Revista**



IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 1, n. 4, p. 421-450, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/riem/a/jVmN84TxvnCDcQJR7DXZy6j/?lang=pt>>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952008000400005>

FONTE, T. F. **Pontes protendidas de Eucalipto citriodora**. 2004. 267 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

FONTE, T. F.; CALIL JR., C. Pontes protendidas de madeira: alternativa técnico-econômica para vias rurais. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 552-559, 2007.

FREIRE, G. M.; HEIMANN, J. P.; CUNHA, L. H. R. Análise da produção científica de brasileiros acerca da certificação florestal. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 263-279, 2021. Disponível em: <https://www.revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/788>. Acesso em: 11 mar. 2023. [10.25061/2527-2675/ReBraM/2021.v24i2.788](https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2021.v24i2.788).

GELFI, P. *et al.* Stud shear connection design for composite concrete slab and wood beams. **Journal of Structural Engineering**, New York, v.128, n.5, p. 1544-1550, 2002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2002\)128:12\(1544\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2002)128:12(1544))

INTERLANDI, C. *et al.* Evaluation of concrete resistances: an alternative to the criteria of Brazilian standard NBR 12655 based on a Bayesian approach. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**. v. 13, n. 4, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/riem/a/FdLg6sbDZ3N3dxtk3sXh3kj/?lang=en>>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952020000400011>

JUNGES, P.; PINTO, R. C. A.; MIGUEL, L. F. F. B-WIM systems application on reinforced concrete bridge structural assessment and highway traffic characterization. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 10, n. 6, p. 1338-1365, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/riem/a/T3gMpsQhvBb9qM5XxsVtjkz/?lang=en>>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952017000600010>

LAROCCA, A. P. C. *et al.* Uso de Receptores GPS de 100 Hz na Detecção de Deflexões Verticais Milimétricas de Pontes de Concreto de Pequeno Porte. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 21, n. 2, p. 290-307, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bcg/a/JXV9MYRpRqNrNbZ9MJpic7L/?lang=pt>>. Acesso em 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702015000200017>

LYRA, P. H. C.; BECK, A. T.; STUCCHI, F. R. Reliability analysis of a prestressed bridge beam designed in serviceability limit state as recommended by NBR 6118 and 7188. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 13, n. 2, p. 380-397; 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/riem/a/k55Zx3qyqfFyNRVvLcF8ccB/?lang=en>>. Acesso em: 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952020000200010>

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Blücher, 2008.

MASTELA, L. C. *et al.* Modelagem numérica comparativa da ponte Florestinha, construída em madeira e concreto. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 3, p. 295-304, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/36xQhKXZTZbphKXMTwdcWDK/?lang=pt>>. Acesso em 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000300552>

MATOS, J. C. L.; *et al.* Structural assessment of a RC Bridge over Sororó river along the Carajás railway. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 8, n. 2, p. 140-163, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/riem/a/SwBdRJFZGznFY5tKQrstxLR/?lang=en>>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952015000200006>



MEDEIROS, A. G. *et al.* Aplicação de metodologias de inspeção em ponte de concreto armado. Aplicação de metodologias de inspeção em ponte de concreto armado. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 687-702; 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/fvbmnlKLzPMG6jxLW8xNGJ/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300453>.

MEDEIROS, I. L. *et al.* Revisão Sistemática e Bibliometria facilitadas por um Canvas para visualização de informação. **InfoDesign-Revista Brasileira de Design da Informação**, v. 12, n. 1, p. 93-110, 2015.

MENDES, P. T. C.; MOREIRA, M. L. T.; PIMENTA, P. M. Reinforced concrete bridges: effects due to corrosion and concrete young modulus variation. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 5, n. 3, p. 388-419, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/8PDkyFBGTJXWpGKgrC3yX9n/?lang=en>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952012000300008>

MOLINA, J. C.; SILVA, M. A. A. A.; VASCONCELOS, R. P. Verificação da eficiência do modelo de Mohler na resposta do comportamento de vigas mistas de madeira e concreto. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 1, p. 29-40, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/3zpkdj8RzMVhQHv3V6BwQdd/?lang=pt>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212015000100004>

NASCIMENTO, Y. R. F. *et al.* Influence of concrete strength on the distribution of bending moment in widened curved bridges. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 16 n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/rLLXsGp3pQ9N3HDGLRs9CRc/?lang=en>. Acesso em 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952023000100005>

NICOLETTI, R. S.; SOUZA, A. S. C. Numerical evaluation of the slab effective width in steel-concrete composite box girder bridges. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 14, n. 1, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/4NGBT7nCJFMWySPmDr36GSw/?lang=en>. Acesso em: 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952021000100010>

NZAMBI, A. K. L. L. *et al.* Experimental analysis of steel fiber reinforced concrete beams in shear. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 15, n. 3, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/HGTzTTHD7nD6gxmksGXf7Md/?lang=en>. Acesso em 20 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952022000300001>

OLIVEIRA, C. B. L.; GRECO, M.; BITTENCOURT, T. N. Analysis of the brazilian federal bridge inventory. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 12, n. 1, p. 1-13; 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952019000100001&lang=pt. Acesso em: 20 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952019000100002>

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado**: elementos de projetos, solicitações, dimensionamento. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 1979.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Aço**: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008. 8 ed. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2011.

PORTELA, E. L. *et al.* Single and multiple presence statistics for bridge live load based on weigh-in-motion data. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 10, n. 6, p. 1163-1173, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/rtpH3WpmJYp3rfsCPvCVFXH/?lang=en>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952017000600002>

PRAVIA, Z. M. C.; BRAIDO, J. D. Measurements of bridges' vibration characteristics using a mobile phone. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 8, n. 5, p. 721-743, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/v56qsT8bJJ7nz6ZdtXVZCDc/?lang=en>. Acesso em 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952015000500009>



ROCHA, B. F.; SCHULZ, M. Skew decks in reinforced concrete bridges. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v.10, n.1, p.192-205, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/9839bh6fwph6C53H9C3hqnc/?lang=en>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952017000100009>

SANTOS, R. R. F.; OLIVEIRA, D. R. C. Fatigue lifetime of a RC bridge along the Carajás railroad. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v.5, n.5, p. 627-658, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/YpPkgXLZ3qHQY7LQ95M8vP/?lang=en>. Acesso em 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952012000500004>

SCIELO SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE. São Paulo, 2023.

SILVA, J. G. S.; ROEHL, J. L. P. Formulação probabilística para análise de tabuleiros de pontes rodoviárias com irregularidades superficiais. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences**, v.21, n.3, p.433-445, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbsms/a/HgZCBHF5SCV8ZN85bHfc8kq/?lang=pt>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S0100-73861999000300006>

SOARES, R. W.; LIMA, S. S.; SANTOS, S. H. C. Reinforced concrete bridge pier ductility analysis for different levels of detailing. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 10, n. 5, p. 1042-1050, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/yxz4cL6J6R97NXXqVWvYS7H/?lang=en>. Acesso em 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952017000500006>

SOARES, R. W.; LIMA, S. S.; SANTOS, S. H. C. Reinforced concrete bridge pier ductility analysis for different levels of detailing. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v.10, n.5, p.1042-1050, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/yxz4cL6J6R97NXXqVWvYS7H/?lang=en>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952017000500006>

SORIANO, J; MASCIA, N. T. Estruturas mistas em madeira-concreto: uma técnica racional para pontes de estradas vicinais. **Ciência Rural**, v.39, n.4, p. 1248-1257; 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/dv3kNKkDnWLT9BB3TCf5JFm/?lang=pt>. Acesso em: 04 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000032>

STEIN, K. J.; GRAEFF, A. G. Experimental analysis on the combined effects of corrosion and fatigue in reinforced concrete beams. **Ambiente Construído**, v.19, n. 3, p. 69-81, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/gJctSKf6fF8kZ4yW3t9xkNM/?lang=en>. Acesso em 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000300325>

TEIXEIRA, R. M.; AMADOR, S. D. R.; OLIVEIRA, D. R. C. Análise estática e dinâmica de uma ponte ferroviária em concreto armado localizada na Estrada de Ferro Carajás - **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 3, n. 3, p. 284-309; 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/pwBp6zHJ5NDyvFHhkp4XWFn/?lang=pt>. Acesso em 21 mar. 2023. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952010000300003>

TRENTINI, E. V. W.; MARTINS, C. H. Geometric optimization associated with the use of high-strength concrete in viaducts. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 12, n. 1, p. 23-30, 2019.

TRENTINI, E. V. W.; PARSEKIAN, G. A.; BITTENCOURT, T. N. A method for considering the influence of distinct casting stages in the flexural design of prestressed concrete cross sections. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v.15, n.4, 2022. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952022000400207&lang=pt. Acesso em: 20 mar. 2023.



<https://doi.org/10.1590/s1983-41952022000400010>

VITÓRIO, J. A. P. **Pontes Rodoviárias**: fundamentos, conservação e gestão. Recife: CREA-PE, 2002.

VITÓRIO, J. A. P.; BARROS, R. M. M. C. Análise dos danos estruturais e das condições de estabilidade de 100 pontes rodoviárias no Brasil. **Segurança, Conservação e Reabilitação de Pontes – ASCP**. Porto: Portugal, p. 62-70, 2013. Disponível em: http://www.contemdesign.com.br/vitorioemelo.com.br/publicacoes/Danos_Estruturais_Estabilidade_100_Pontes_Rodoviaras_Brasil.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.

WORD CLOUDS. Zygomatic. Netherlands, 2023. Disponível em: <https://www.wordclouds.com>. Acesso em: 21 mar. 2023.